



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 37 602 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 01 M 8/12**  
H 01 M 8/04  
H 01 M 4/86

⑲ Aktenzeichen: P 42 37 602.5  
⑳ Anmeldetag: 6. 11. 92  
㉑ Offenlegungstag: 11. 5. 94

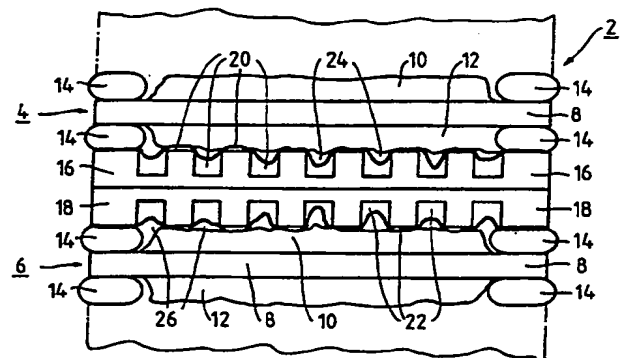
**DE 42 37 602 A 1**

⑦ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑧ Erfinder:  
Brückner, Belinda, 8503 Altdorf, DE; Gajewski, Wolfgang, Dr., 8520 Erlangen, DE; Greiner, Horst, 8520 Erlangen, DE; Schnöller, Manfred, Dr., 8048 Haimhausen, DE; Ivers-Tiffée, Ellen, Dr., 8000 München, DE; Versing, Wolfram, 8048 Kirchheim, DE; Jansing, Thomas, 5060 Bergisch Gladbach, DE; Marthens, Thomas, Dr., 5068 Odenthal, DE; Land s, Harald, Dr., 8501 Rückersdorf, DE; Schießl, Markus, 8013 Haar, DE

⑤ Hochtemperatur-Brennstoffzellen-Stapel und Verfahren zu seiner Herstellung

⑤ Bei der Fügung eines Hochtemperatur-Brennstoffzellen-Stapels tritt grundsätzlich das Problem einer großflächigen Kontaktierung der Grenzflächen-Elektrode - bipolare Platte auf. Infolge der Restwelligkeit von Elektrolyt und darauf aufgetragenen Elektroden und der daraus resultierenden Ausbildung von schlecht elektrisch leitenden Interdiffusions-schichten an Kontaktlücken, sinkt infolge des daraus resultierenden Anstiegs des Innenwiderstandes des Stapels der Gesamtwirkungsgrad.  
Zur Behebung dieses Mangels ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß bei einem Hochtemperatur-Brennstoffzellen-Stapel (2) mindestens eine Funktionsschicht (20, 22) vorgesehen ist, die zwischen Elektrode (10, 12) und bipolarer Platte (16, 18) angeordnet und im Bereich der Betriebstemperatur des Stapels (2) elektronisch leitend und leicht verformbar ist. Die Erfindung ist bei allen Hochtemperatur-Brennstoffzellen-Stapeln einsetzbar.



**DE 42 37 602 A 1**

Die Erfindung bezieht sich auf einen Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel und auf ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Stapels.

Eine Hochtemperaturbrennstoffzelle (HTBZ)- auch solid oxide fuel cell (SOFC) genannt — eignet sich infolge der relativ hohen Betriebstemperaturen, die im Bereich von 800 bis 1100° C liegen, dazu, außer Wasserstoffgas und Kohlenmonoxid auch Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Erdgas oder flüssig speicherbares Propangas, mit Sauerstoff oder Luftsauerstoff elektrochemisch umzusetzen. Durch Zusatz von Wasserdampf zum Brennstoff kann bei den hohen Temperaturen jede Rußbildung vermieden werden.

Hochtemperaturbrennstoffzellen sind beispielsweise aus dem Fuel Cell Handbook, Appelby and Foulkes, New York 1989, bekannt. Solche Hochtemperaturbrennstoffzellen sind üblicherweise planar aufgebaut. Dabei wird ein temperaturbedingt fester Elektrolyt in Form eines dünnen Plättchens, das im wesentlichen aus Yttriumoxid stabilisiertem Zirkonoxid besteht, zwischen den Elektroden angeordnet. Diese Anordnung wird auch Elektroden-Elektrolytanordnung genannt. Die Elektroden, d. h. die Anode und die Kathode, liegen auf gegenüberliegenden Seiten am Elektrolyten an oder sind auf diesem aufgesintert. Die Anode besteht üblicherweise aus einem porösen Nickel-Zirkonoxid-Cermet, das für die obengenannten Reaktanten gasdurchlässig ist. Die Kathode besteht üblicherweise aus einem Perowskit der Lanthan-Strontium-Manganate, der ebenfalls wie die Anode porös und für die Oxidanten durchlässig ist. Der Elektrolyt ist so ausgelegt, daß er selbst bei den hohen Betriebstemperaturen gasundurchlässig und Sauerstoffionen-leitend ist.

Außen an den beiden Elektroden liegen metallische oder keramische Platten, sogenannte bipolare Platten oder Endplatten, an. Sie bestehen aus einem gut elektrisch leitenden Material und weisen Versorgungskanäle, sogenannte Rillenfelder, für die Zuleitung eines sauerstoffhaltigen Gases an die Kathode und eines Brennstoffes an die Anode sowie für die Abführung eines Oxidationsproduktes, wie z. B. Wasser oder Kohlendioxid, auf. Diese bipolaren Platten oder Endplatten kontaktieren die Elektroden und stützen dabei mit den Rändern der Rillen die Elektroden der Festelektrolytplättchen ab. Oft sind sie an ihren Rändern mit Durchbrüchen zur Gaszuleitung und Gasableitung versehen.

Ein Stapel von Hochtemperaturbrennstoffzellen ist üblicherweise aus abwechselnd aufeinander gestapelten Festelektrolytplättchen mit darauf aufgetragenen Elektroden, Fensterfolien und bipolaren Platten aufgebaut. Hierbei bestehen die Fensterfolien aus dem gleichen Material wie die bipolaren Platten und haben etwa die Stärke der auf den Festelektrolytplättchen aufgesinterten Elektroden. Sie sind zwischen den bipolaren Platten und den Festelektrolytplättchen eingesetzt. Sie dienen dazu, die Elektrolytplättchen mitsamt den Elektroden und einen sie umgebenden Rahmen über die jeweiligen Randbereiche gasdicht miteinander zu verbinden. Zugleich dichten die Fensterfolien über den Rand der Elektrolytplättchen und über den die Elektrolytplättchen umgebenden Rahmen die anoden- und kathodenseitigen Gasräume gegeneinander und zu den Durchbrüchen im Rahmen ab. Der die Elektrolytplättchen umgebende Rahmen, die bipolaren Platten und die Fensterfolien sind in einem Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel unter Zwischenschaltung eines über der Betriebs-

temperatur schmelzenden Lotes miteinander gasdicht verlötet. Bei diesem Verfahrensschritt, auch Fügung (Dichtung) des Stapels genannt, kann die Temperatur kurzzeitig 1300°C erreichen.

Um den Innenwiderstand eines Brennstoffzellenstapels möglichst gering zu halten, ist ein besonderer Augenmerk auf eine hinreichend gute flächige elektrische Kontakterung der einzelnen plattenförmigen Elemente des Stapels zu legen. Hierbei stellt im besonderen eine hinreichend gute flächige Kontaktierung der Elektroden und der bipolaren Platten ein besonderes Problem dar, das sich nachteilig auf den Übergangswiderstand zwischen der Elektrode und der bipolaren Platte auswirken kann. Durch die Restwelligkeit der Festelektrolytplättchen und die Dickenschwankungen der Elektroden erfolgt der Kontakt zwischen Elektroden-Elektrolytanordnung und bipolarer Platte nur auf einem Teil der Elektrodenfläche. An den übrigen Stellen bleiben Spalten im Bereich einiger 10 µm. Des weiteren bilden sich bei dem Überströmen von heißen Reaktanten über die metallische bipolare Platte schlecht leitende Deckschichten. Außerdem können sich durch die Diffusion von Elementen aus der bipolaren Platte in die Elektroden oder aus den Elektroden in die bipolare Platten ebenfalls schlecht leitende Interdiffusionsschichten ausbilden. Des weiteren kann die Interdiffusion zu einer Beeinträchtigung der elektrochemischen Eigenschaften der Brennstoffzellen führen. Infolge der obengenannten Fakten hat sich bisher der Innenwiderstand des gesamten planaren Hochtemperaturbrennstoffzellenstapels beim Betrieb erhöht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, die es erlauben, die Elektrode und die bipolare Platte großflächig zu kontaktieren und dadurch den Übergangswiderstand sowie den auch daraus resultierenden Innenwiderstand des Brennstoffzellenstapels möglichst klein zu halten.

Bezüglich des Hochtemperaturbrennstoffzellenstapels wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mindestens eine Funktionsschicht vorgesehen ist, die zwischen einer Elektrode und einer daran anliegenden bipolaren Platte angeordnet ist und im Bereich der Betriebstemperatur des Stapels elektronisch leitend und leicht verformbar ist.

Bezüglich des Verfahrens wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß vor der Fügung (Dichtung) des Stapels zwischen Elektrode und bipolarer Platte eine Funktionsschicht eingebracht wird.

Hierdurch wird erreicht, daß nach der Fügung des Stapels ein großflächiger Kontakt zwischen Elektrode und bipolarer Platte eingestellt ist. Dabei gleicht die Funktionsschicht nun die Oberflächenunebenheiten der bipolaren Platte und der Elektrode derart aus, daß infolge der leichten Verformbarkeit der Schicht das Schichtmaterial in die den Übergangswiderstand erhöhenden Kontaktlücken eingetragen wird. Infolge der elektronischen Leitfähigkeit im Bereich der Betriebstemperatur des Stapels verringert die zwischen Elektrode und bipolarer Platte eingebrachte Funktionsschicht den Übergangswiderstand des Kontaktes bipolare Platte-Elektrode beträchtlich.

Zum guten Eintrag der Funktionsschicht in die Kontaktlücken zwischen Elektrode und bipolarer Platte bei der Fügung des Stapels ist es vorteilhaft, wenn die Funktionsschicht bis zu der Temperatur, bei der die Fügung (Dichtung) des Stapels erfolgt, plastisch verformbar ist.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung können die Anoden- und/oder die Kathodenfunktionsschicht, d. h. die zwischen Anode bzw. Kathode und bipolarer Platte angeordnete Funktionsschicht, aus Fasern aufgebaute filz- oder gewebeartige Matten umfassen. Hierdurch ist die leichte Verformbarkeit der Funktionsschichten gewährleistet.

Hierbei können die Matten aus Fasern eines geeigneten Anoden- bzw. Kathodenkontaktmaterials aufgebaut sein. Alternativ können die Matten aus geeignetem Fasermaterial aufgebaut sein, das mit geeignetem Anoden- bzw. Kathodenkontaktmaterial beschichtet ist. Hierbei wird unter geeignetem Anoden- und Kathodenkontaktmaterial sowie geeignetem Fasermaterial Materialien verstanden, die eine gute elektronische Leitfähigkeit im Temperaturbereich zwischen 700 und 1100°C sowie einen an die Elektroden und die metallische bipolare Platte angepaßten thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Außerdem sollen diese Materialien sinteraktiv gegenüber Elektroden und metallischer bipolarer Platte sein, jedoch dabei ohne ungünstige gegenseitige Beeinflussung besonders hinsichtlich der thermischen Ausdehnung der Elektrode und der bipolaren Platte und der elektrischen Leitfähigkeit der Elektrode und der bipolaren Platte sein. Außerdem sollen die elektrochemische Aktivität der Elektrode und die katalytische Eigenschaft der Anode hinsichtlich der Methanoxidation oder Reformierungs- und Shifterreaktion unbeeinflußt bleiben. Des weiteren sollen diese Materialien eine Diffusionssperre für Chrom aus der bipolaren Platte bilden.

Als Kathodenkontaktmaterial eignen sich dabei in vorteilhafter Weise leitfähige Perowskite der Lanthan-Manganate und/oder -Kobaltate und/oder -Chromate. Im besonderen eignet sich hierfür ein Lanthan-Strontium-Perowskit der chemischen Zusammensetzung  $\text{La}_{1-n}\text{Sr}_n(\text{Mn}_{1-y-z}\text{Co}_y\text{Cr}_z)\text{O}_{3-\gamma}$  oder ein Lanthan-Kalzium-Perowskit der chemischen Zusammensetzung  $\text{La}_{1-n}\text{Sr}_n(\text{Mn}_{1-y-z}\text{Co}_y\text{Cr}_z)\text{O}_{3-\gamma}$ . Die genannten Materialien gewährleisten, daß zwischen der Kathode und der bipolaren Platte eine Funktionsschicht eingebracht ist, die die obengenannten Anforderungen erfüllt und damit zu einer erheblichen Verringerung des Übergangswiderstandes zwischen Kathode und bipolarer Platte beiträgt.

In vorteilhafter Weise kann das Anodenkontaktmaterial einen oder mehrere der Bestandteile Ruthenium (Ru), Nickel (Ni), Nickeloxid (NiO) und Cermets aus Nickel und Yttrium-stabilisiertem Zirkonoxid ( $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ ) umfassen. Hierdurch wird auch für den Kontakt zwischen Anode und bipolarer Platte ein Kontaktmaterial geschaffen, das die bereits bezüglich des Kathodenkontaktmaterials genannten Eigenschaften aufweist und erheblich zur Verringerung des Übergangswiderstandes zwischen Anode und bipolarer Platte beiträgt.

Als Fasermaterial, das zur Beschichtung mit dem Anoden- und/oder Kathodenkontaktmaterial geeignet ist, können hochwarmfeste, korrosionsbeständige Materialien vorgesehen sein. Im besonderen sind dies einer der beiden Edelmetalle mit den zugehörigen Werkstoffnummern DIN 1.4767 und 1.4541, die einen Chromanteil zwischen 15 und 30 Gew.-% aufweisen sollen.

In zweckmäßiger Weiterbildung der Erfindung kann die Funktionsschicht auf die Oberfläche der Elektrode und/oder auf die Oberfläche der bipolaren Platte eingebracht werden. Hierdurch wird erreicht, daß bereits durch das Aufbringen der Funktionsschicht auf einen der beiden oder auf beide Oberflächen, zwischen denen

die Funktionsschicht angeordnet ist, ein mechanisch gut haftender Kontakt zwischen Oberfläche und Funktionsschicht erreicht wird.

Um die bei der Fügung des Stapels auftretenden Kontaktlücken zwischen Elektrode und bipolarer Platte in vorteilhafter Weise ausfüllen zu können, kann die Schichtdicke der Funktionsschicht zwischen 5 und 100 µm, vorzugsweise zwischen 5 und 50 µm, im ungesinterten Zustand betragen. Andererseits sind sie aber noch so dünn, daß die zwischen Elektroden und bipolaren Platten angeordneten Gasräume nicht verstopft werden können.

Als einfache Verfahren zur Aufbringung des Anoden- und/oder Kathodenkontaktmaterials können ein Siebdruck- oder ein Kaltspritzverfahren verwendet sein. Bei beiden Verfahren wird das Kontaktmaterial mit einem oder mit mehreren der handelsüblichen Zusätze organischer Binder, anorganischer Binder, Gleithilfsmittel, Dispergierhilfsmittel, Verdicker, Filmbildhilfsmittel und Lösungsmittel ergänzt. Grundsätzlich können jedoch auch andere bekannte Oberflächenbeschichtungsverfahren verwendet werden, wie z. B. das Plasma-Flammspritzen, das Sputtern, das Walzen, die Elektrophorese, die elektrostatische Pulverbeschichtung, die Folienziehetechnik, die DVD/PVD-Beschichtung oder das Gießverfahren.

Zur Verbesserung der Haftung der Funktionsschicht auf der Elektrode und/oder der bipolaren Platte und zur Ausbildung einer chemischen Reaktion zwischen den Grenzflächen Elektrode, bipolare Platte/Funktionsmaterial ist es zweckmäßig, wenn die Funktionsschicht vor der Fügung (Dichtung) des Stapels wärmebehandelt wird, wobei die Temperatur vorzugsweise zwischen 500 und 1100°C liegt.

Alternativ kann die Funktionsschicht aber auch als Grünfolie, d. h. als Folie mit ungesintertem Kontaktmaterial, in den Stapel eingebracht werden. Ebenso kann die Funktionsschicht als keramisches Flies in den Stapel eingebracht werden. Grünfolie und keramisches Flies werden bei der Fügung des Stapels gesintert.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Ausschnitt aus einem Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel mit auf der bipolaren Platte aufgetragenen Funktionsschichten vor der Fügung;

Fig. 2 einen Ausschnitt aus dem Brennstoffzellenstapel der Fig. 1 nach der Fügung des Stapels;

Fig. 3 einen anderen Ausschnitt aus dem Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel der Fig. 1 und 2 mit auf den Elektroden aufgetragenen Funktionsschichten, vor der Fügung des Stapels, und

Fig. 4 den Ausschnitt der Fig. 3 nach der Fügung des Stapels.

Gleiche Teile in den Fig. 1 bis 4 haben gleiche Bezugszeichen.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel 2, im folgenden kurz Stapel genannt. In dem dargestellten Ausschnitt erkennt man zwei Hochtemperaturbrennstoffzellen 4, 6 desselben Aufbaus, die jeweils ein Festelektrolytplättchen 8 und auf gegenüberliegenden Seiten des Festelektrolytplättchens 8 jeweils eine auf das Festelektrolytplättchen 8 aufgesinterte Anode 10 und Kathode 12 umfassen. Das Festelektrolytplättchen 8 besteht aus Yttriumoxid-stabilisiertem Zirkonoxid. Die Anode 10 besteht aus einem Nickel-Zirkonoxid (YSZ)-Cermet. Die Kathode 12 be-



fuhr übrigbleiben. Auch hier stellt sich nach wenigen Betriebsstunden ein Übergangswiderstand von kleiner als  $10 \text{ m}\Omega/\text{cm}^2$  ein, der sich während des fortdauernden Betriebs des Stapels 2 asymptotisch einem nur noch geringfügig niedrigeren Endwert nähert.

Alternativ zu den in den Fig. 1 bis 4 gezeigten Ausführungsformen kann das Anoden- und Kathodenkontaktmaterial auch auf ein geeignetes Fasermaterial aufgebracht werden und dann mit diesem zusammen zwischen Elektrode 10, 12 und bipolare Platte 16, 18 des Stapels 2 eingebracht werden. Das Fasermaterial, das praktisch als eine Art Trägermaterial für das Kontaktmaterial dient, kann aus hochwarmfesten korrosionsbeständigen Materialien und dabei insbesondere beispielsweise aus einem der beiden Edelmateriale mit den zugehörigen Werkstoffnummern DIN 1.4767 und 1.4541 sowie mit einem Chromanteil zwischen 15 und 30 Gew.-% bestehen.

In einer weiteren alternativen Ausgestaltung kann die Funktionsschicht auch ein geeignetes metallisches Netz umfassen, das mit dem Kontaktmaterial beschichtet ist. Bei dieser Vorgehensweise kann die Funktionsschicht auch metallische Netze unterschiedlicher Drahtstärke und Maschenweite umfassen, die mit Kontaktmaterial beschichtet sind. Dabei können die metallischen Netze zunächst beschichtet werden und dann zwischen Elektrode und bipolare Platte des Stapels 2 eingebracht werden. Alternativ können sie jedoch auch auf die Elektrode oder die bipolare Platte aufgewalzt (einkalandriert) werden und daran anschließend mit Kontaktmaterial beschichtet werden. Bedarfsweise können die Funktionsschichten auch aus mehreren Teilschichten aufgebaut sein.

In all den zuletzt genannten und nicht in einer gesonderten Figur dargestellten Ausführungsformen wird der Übergangswiderstand an der Grenzfläche Elektrode — bipolare Platte erheblich gegenüber den Ausführungen ohne diese Funktionsschichten abgesenkt. Damit sinken der resultierende Innenwiderstand des gesamten Stapels und damit auch die elektrischen Leistungsverluste beim Betrieb eines Hochtemperaturbrennstoffzellenstapels.

#### Patentansprüche

1. Hochtemperatur-Brennstoffzellen-Stapel (HTBZ-Stapel) mit mindestens einer Funktionsschicht (20, 22), die zwischen einer Elektrode (10, 12) und einer daran anliegenden bipolaren Platte (16, 18) angeordnet ist und im Bereich der Betriebstemperatur des Stapels (2) elektronisch leitend und leicht verformbar ist.
2. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsschicht (20, 22) bis zu der Temperatur, bei der die Fügung (Dichtung) des Stapels (2) erfolgt, plastisch verformbar ist.
3. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Anoden- und/oder die Kathodenfunktionsschicht (22, 20), d.h. die zwischen Anode (10) bzw. Kathode (12) und bipolarer Platte (16, 18) angeordnete Schicht, aus Fasern aufgebaute filz- oder gewebeartige Matten umfassen.
4. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Matten aus Fasern eines geeigneten Anoden- bzw. Kathodenkontaktmaterials aufgebaut sind.

5. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Matten aus geeignetem Fasermaterial aufgebaut sind, das mit geeignetem Anoden- bzw. Kathodenkontaktmaterial beschichtet ist.

6. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsschicht ein geeignetes metallisches Netz umfaßt, welches mit Kontaktmaterial beschichtet ist.

7. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsschicht metallische Netze unterschiedlicher Drahtstärke und Maschenweite umfaßt, welche mit Kontaktmaterial beschichtet sind.

8. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Kathodenkontaktmaterial leitfähige Perowskite der Lantan-Manganate und/oder -Kobaltate und/oder Chromate umfaßt.

9. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch  $\text{La}_{1-n} \text{Sr}_n (\text{Mn}_{1-x} \text{Co}_x \text{Cr}_z) \text{O}_{3-y}$ .

10. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch  $\text{La}_{1-n} \text{Ca}_n (\text{Mn}_2 \text{Co}_y \text{Cr}_z) \text{O}_{3-y}$ .

11. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Anodenkontaktmaterial einen oder mehrere der Bestandteile Ruthenium (Ru), Nickel (Ni), Nickeloxid (NiO) und Cermets aus Nickel und Yttrium-stabilisiertem Zirkonoxid ( $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ ) umfaßt.

12. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach einem der Ansprüche 3 bis 5, gekennzeichnet durch Fasermaterial aus hochwarmfesten, korrosionsbeständigen Materialien.

13. Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Fasermaterial aus einem der beiden Edelmateriale mit den zugehörigen Werkstoffnummern DIN 1.4767 und 1.4541 sowie mit einem Chromanteil zwischen 15 und 30 Gew.-% besteht.

14. Verfahren zur Herstellung eines Hochtemperaturbrennstoffzellenstapels nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Fügung (Dichtung) des Stapels (2) zwischen Elektrode (10, 12) und bipolarer Platte (16, 18) eine Funktionsschicht (20, 22) eingebracht wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsschicht (20, 22) auf die Oberfläche der Elektrode (10, 12) aufgebracht wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsschicht (20, 22) auf die Oberfläche der bipolaren Platte (16, 18) aufgebracht wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zur Aufbringung des Kontaktmaterials als Oberflächenbeschichtungsverfahren ein Siebdruck- oder ein Kaltspritzverfahren verwendet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Kontaktmaterial in Abhängigkeit von dem ausgewählten Oberflächenbeschichtungsverfahren durch einen oder mehrere der handelsüblichen Zusätze organischer Binder, anorganischer Binder, Gleithilfsmittel, Dispergierhilfsmittel,

Verdicker, Filmbindehilfsmittel und Lösungsmittel ergänzt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsschicht (20, 22) vor der Fügung (Dichtung) des Stapels (2) 5 wärmebehandelt wird, wobei die Temperatur vorzugsweise zwischen 500 und 1100°C liegt.

20. Verfahren nach Anspruch 14, gekennzeichnet durch das Einbringen der Funktionsschicht als Grünfolie. 10

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsschicht (20, 22) im ungesinterten Zustand auf eine Schichtdicke zwischen 5 und 100 µm, vorzugsweise zwischen 5 und 50 µm, eingestellt wird. 15

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsschicht (20, 22) aus mehreren Teilschichten gebildet wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

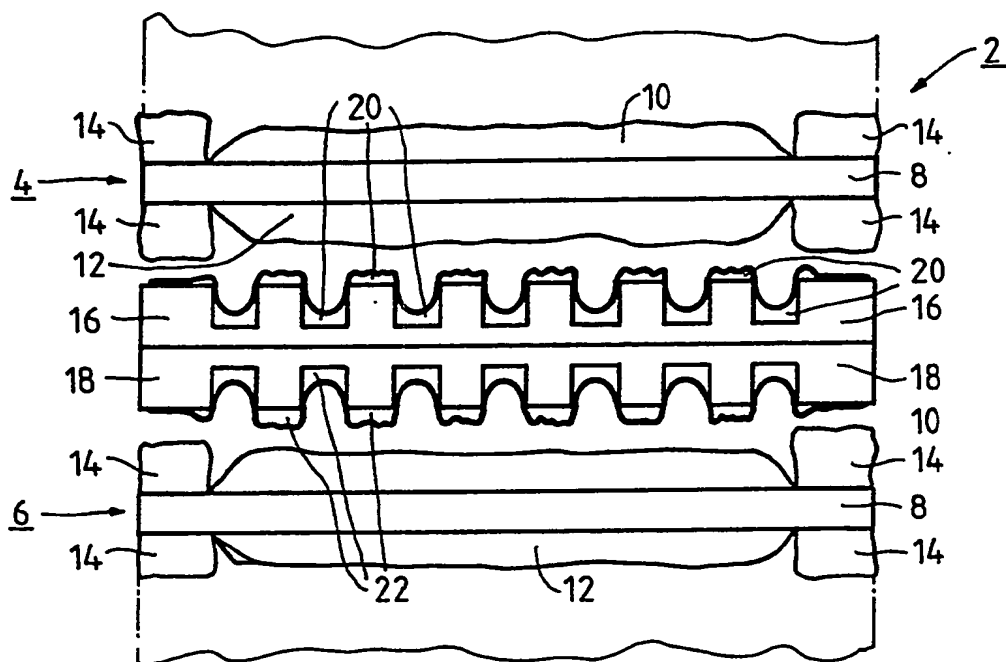


FIG 1

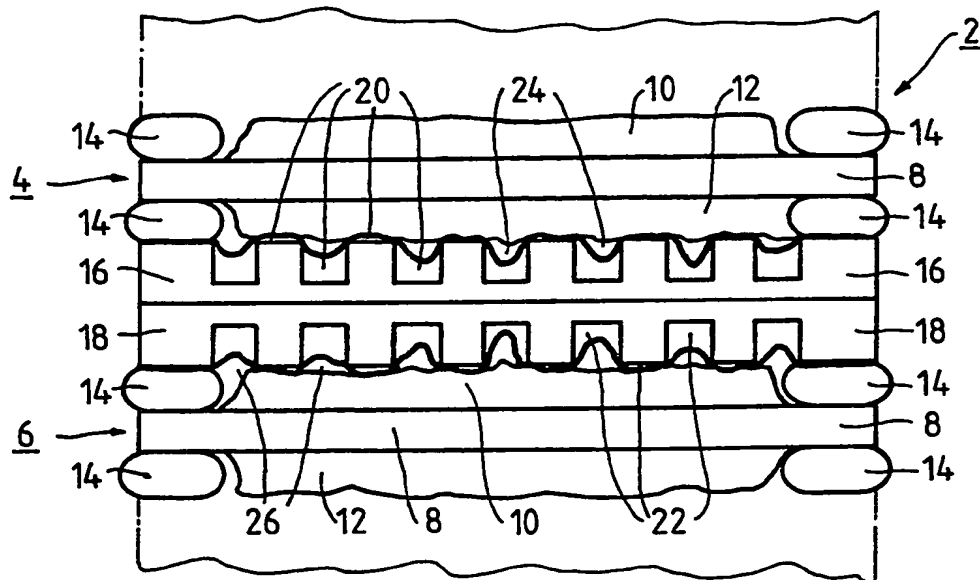


FIG 2

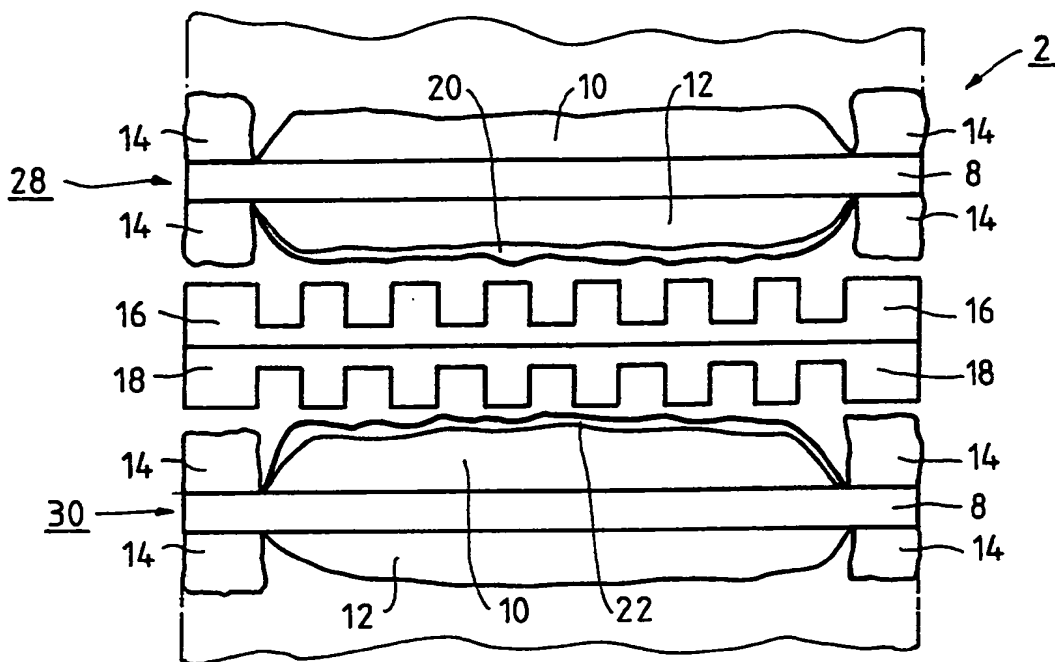


FIG 3

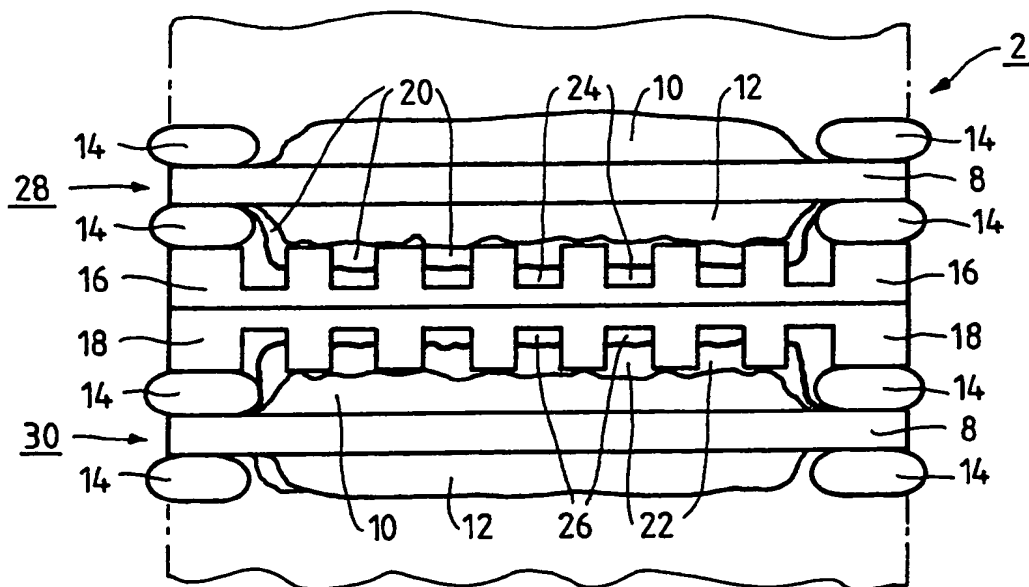


FIG 4